

В.К. Александров, М.И. Евдокимов
(Сибирский государственный технологический университет)

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье предложена методика прогнозирования эксплуатационной долговечности древесных материалов. Согласно методике, определяя показатель перенапряжения связей компонентов древесного материала, судят о прочности материала и, в конечном итоге, о его качестве. Вычисляемые параметры уравнения зависимости долговечности от напряжения позволяют оценивать срок службы изделий материалов на основе древесины при известных нагрузках.

Исходя из термофлуктуационной природы разрушения твердых тел, напряжений, возникающие в процессе изготовления и эксплуатации древесных материалов (древесностружечные плиты, древеснослоистый пластик, древесные пресс-массы и др.), активируют разрывы макромолекул компонентов этих материалов. Разрушение происходит в результате последовательного распада связей и постепенного образования при этом разрывов сплошности.

Долговечность (τ), время работы материала при постоянном напряжении (σ) до разрушения, определяется формулой:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{u_0 - \gamma\sigma}{RT}\right).$$

При постоянной температуре зависимость долговечности от напряжения имеет вид:

$$\ln \tau = \ln A - \alpha \sigma,$$

где $A = \tau_0 \exp \frac{u_0}{RT};$

Регаль В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 560 с.

$$\alpha = \frac{\gamma}{RT};$$

ι_0 - предэкспоненциальный множитель ($\tau_0 = 10^{-13}$ с);

μ_0 - начальная энергия активации процесса разрушения, (кДж/моль);

γ - структурно-чувствительный коэффициент, (кДж/моль);

R - постоянная Больцмана;

T - температура, (°K).

Энергия активации процесса разрушения (μ_0) материала, сопровождающегося разрывом волокон, не зависит от режима изготовления и породы древесины. Ее значения близки к энергии активации распада межатомных связей целлюлозы и ее производных, равной 167,5 кДж/моль.

Физический смысл структурно-чувствительного коэффициента γ - это показатель перенапряжения связей компонентов древесного материала. Он может служить универсальным показателем прочности материала. Чем ниже уровень локальных перенапряжений в материале, тем он прочнее, а значения γ ниже.

Ввиду большой трудоемкости опытов по определению долговечности древесных материалов при постоянных на них нагрузках, связанной с длительными затратами времени, параметры уравнения могут быть определены при нагружении с изменяющимся во времени напряжением $\sigma = \sigma(\tau)$.

Испытание материала на прочность с целью прогнозирования его долговечности может проводиться на разрывной машине типа Р-0,5, имеющей диапазон скоростей нагружающей головки от 0,2 до 10 мм/мин.

Предпосылкой данной методики является принцип суммирования нарушений. Необратимый характер разрушающего действия напряжений приводит к уменьшению ресурса долговечности материала, побывавшего под нагрузкой. Действию напряжения σ в течение времени M_1 соответствует относительное уменьшение долговечности M_1 / τ и т. д.

В следующий период M_2 действия того же напряжения σ доля уменьшения долговечности составит M_2 / τ и т. д.

При действии произвольной последовательности напряжений σ_i , каждому из которых соответствует долговечность $\tau(\sigma_i)$, а время действия равно M_i , разрушение произойдет при условии:

$$\sum \frac{\Delta t_i}{\tau(\sigma_i)} = 1,$$

или для $\sigma = \sigma(t)$

$$\int_0^{t_p} \frac{dt}{\tau[\sigma(t)]} = 1,$$

где t_p - время наступления разрушения.

Напряжение σ_p , при котором произойдет разрушение образца, определяется интегрированием уравнения

$$\int_0^{t_p} \frac{dt}{A \exp^{-\alpha \sigma}} = 1,$$

где $\alpha \sigma$ - скорость нагружения (производная напряжения во времени).

Замечая, что $A \exp(-\alpha \sigma) = \tau$, получим

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{A} = \alpha \sigma.$$

В подавляющем большинстве случаев $\tau \ll A$, и вторым членом уравнения поэтому можно пренебречь.

Таким образом

$$\frac{1}{\tau} \approx \alpha \sigma.$$

Логарифмируя это выражение, найдем значение разрывного напряжения :

$$\sigma_p = \frac{\ln A \alpha}{\alpha} - \frac{1}{\alpha} \ln \sigma.$$

Получая экспериментально значения разрушающего напряжения при постоянных скоростях нагружения, определяем параметры уравнения зависимости долговечности древесного материала от напряжения $\ln A$ и α . Обработка результатов при использовании предлагаемой методики проводится методом наименьших квадратов.